

METHOD AND APPARATUS FOR PLASMA ETCHING

Publication number: JP2000174004

Publication date: 2000-06-23

Inventor: HONMA KOJI

Applicant: CHEMITORONICS CO LTD

Classification:

- international: **H01L21/302; C23F4/00; H01L21/3065; H01L21/02; C23F4/00;** (IPC1-7): H01L21/3065; C23F4/00

- European:

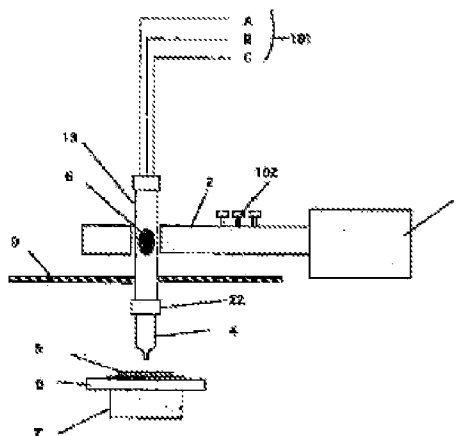
Application number: JP19980376454 19981203

Priority number(s): JP19980376454 19981203

Report a data error here

Abstract of JP2000174004

PROBLEM TO BE SOLVED: To uniformly thin a substrate crystal by the dry etching using plasma- activated active species of a reaction gas composed of a F compd. gas or F compd. gas-contg. mixed gas mixed with at least H or ammonia gas. **SOLUTION:** An active species produced in a gas plasma is applied to a sample surface to etch it with the plasma. A mixed gas of SF₆ with ammonia and N is injected from a gas feeder through a reaction gas feed pipe in a plasma generating chamber, a microwave generated in a microwave oscillator 1 passes through a waveguide 2 and is absorbed in the plasma generating chamber to activate the mixed gas and form a plasma activated region 6. The active species gas passing through an active species gas feed pipe 13 is restricted by an etching nozzle 4 into a high-density local beam which is fed to the surface of a semiconductor wafer 5 on a sample moving mechanism 7, thus greatly speedily etching it in a uniform thickness.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(11)特許出願公開番号
特開2000-174004
(P2000-174004A)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	データベース*(参考)
H 0 1 L 21/3065		H 0 1 L 21/302	L 4 K 0 5 7
C 2 3 F 4/00		C 2 3 F 4/00	E 5 F 0 0 4

Fターム(参考)	4K057	DA02	DA04	DA20	DB20	DD03
		DE06	DE08	DE14	DE20	DM02
		DM29	DM40	DN01		
	5F004	AA00	AA01	AA06	AA08	BA03
		BA04	BA20	BB11	BB18	DA00
		DA01	DA17	DA18	DA22	DA23
		DA24	DA25	DB01		

【特許請求の範囲】

【請求項1】 ガスプラズマ中で発生した活性種を試料の表面および裏面にあてて平坦化あるいは薄層化するプラズマエッチングの方法において、フッ素化合物ガスあるいはフッ素化合物ガスを含む混合ガスに、水素あるいはアンモニアガスの少なくとも1種類のガスを混合して用いることを特徴としたプラズマエッチングの方法。

【請求項2】 上記フッ素化合物ガスは、六フッ化硫黄（SF₆）、四フッ化炭素（CF₄）、および三フッ化窒素（NF₃）のガスのうち、少なくとも1種類を用いることを特徴とした請求項1記載のプラズマエッチングの方法。

【請求項3】 上記水素あるいはアンモニアガスの少なくとも1種類のガスの混合する割合はフッ素化合物ガスに対して0.01%以上20%以下の濃度であることを特徴とした請求項1と2記載のプラズマエッチングの方法。

【請求項4】 ガスプラズマ中で発生した活性種を試料の表面および裏面にあてて平坦化あるいは薄層化するプラズマエッチングの方法において、上記活性種を試料面積より小さな開口径を持つエッチングノズルの先端から試料面にあて、試料を部分的にエッチングし、ノズルと試料を相対的に移動させながら、試料全面にわたって所望の加工を行うことを特徴とした請求項1、2、3記載のプラズマエッチングの方法。

【請求項5】 フッ素化合物ガスあるいはフッ素化合物ガスを含む混合ガスによりガスプラズマ中で発生した活性種を試料面にあて、試料面近傍に水素あるいはアンモニアガスの少なくとも1種類のガスをそのまま、あるいは希釈して供給してエッチングを行うことを特徴としたプラズマエッチングの方法。

【請求項6】 フッ素化合物ガスあるいはフッ素化合物ガスを含む混合ガスによりガスプラズマ中で発生した活性種を試料面積より小さな開口径を持つエッチングノズルの先端から試料面にあて、このノズルと試料面に水素あるいはアンモニアガスの少なくとも1種類のガスをそのまま、あるいは希釈して供給して、部分的にエッチングし、ノズルと試料を相対的に移動させながら、試料全面にわたって所望の加工を行うことを特徴としたプラズマエッチングの方法。

【請求項7】 上記フッ素化合物ガスは、六フッ化硫黄（SF₆）、四フッ化炭素（CF₄）、および三フッ化窒素（NF₃）のガスのうち、少なくとも1種類を用いることを特徴とした請求項5と6記載のプラズマエッチングの方法。

【請求項8】 上記水素あるいはアンモニアガスの少なくとも1種類のガスの混合する割合はフッ素化合物ガスに対して0.01%以上20%以下の濃度であることを特徴とした請求項5、6、7記載のプラズマエッチングの方法。

【請求項9】 試料の表面および裏面を平坦化あるいは薄層化するプラズマエッチングの加工において、フッ素化合物ガスあるいはフッ素化合物ガスを含む混合ガスに、水素あるいはアンモニアガスの少なくとも1種類のガスを混合して供給するガス系を具備し、上記混合ガスをプラズマ中で活性化する機能を具備し、上記活性種ガスを試料面にあてる構造を基本とすることを特徴としたプラズマエッチングの装置。

【請求項10】 上記プラズマエッチングの加工において、ガスプラズマ中で発生した活性種を試料面積より小さな開口径を持つエッチングノズルの先端から試料面にあてる構造を具備したことを特徴とした請求項9記載のプラズマエッチングの装置。

【請求項11】 上記プラズマエッチングの加工において、フッ素化合物ガスあるいはフッ素化合物ガスを含む混合ガスを、ガスプラズマ中で活性化する機構と、水素あるいはアンモニアガスの少なくとも1種類のガスを上記活性種ガスが試料面にあたる領域に供給する機構とを具備した構造を基本とすることを特徴とした請求項10記載のプラズマエッチングの装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はドライエッチングの方法およびその装置に関し、特に半導体素子や集積回路を形成するSi半導体ウエーハの結晶やSOI（Silicon On Insulator）の結晶を一樣に薄くしたり、平坦化する方法およびその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体素子や集積回路は半導体ウエーハ（以下、総称として試料ともいう）を用いてこの表面に複数形成され、製造工程の最終段階ではこの半導体ウエーハをチップ毎に切断し、ペレットとして分離する、ダイシング工程がある。このダイシング工程の前には、チップの放熱効果を高めたり、またはダイシングで使用される切断工具（カッタやソー等）の消耗を減らし寿命を延ばしたりするために、半導体ウエーハはこの裏面を研磨あるいは切削によって厚さを薄くする処理が必要とされている。これまで、半導体ウエーハの基板結晶を一樣に薄くする場合には、研磨装置により半導体ウエーハの裏面に研磨布を介して平板を押し当て、研磨液を供給してウエーハと研磨布の間に研磨液を介在させながら研磨する方法や、研削装置によりダイヤモンド粒子等の固い材料粒子を埋め込み固定した砥石により研削する方法あるいは化学的機械研磨の方法が一般に知られている。また、ウェットエッチングによって基板結晶を一樣に薄くする技術も使われている。

【0003】また、半導体素子や集積回路の高性能化のために、SiではSOIウエーハが大量に使われており、この製造にはSiO₂上のSi層を極めて薄く均一に高精度で加工仕上げる技術が必要となっている。こ

れにも上記の従来技術が使われていた。さらに、配線層の寸法の微細化により、試料表面の凹凸が従来の規格よりさらに厳しく要求されるようになってきている。このために、試料上の局部に存在する凸部領域だけをエッチングしたい要求があり、例えば局部領域だけをプラズマ加工する方式が米国特許5336355に記載されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】半導体素子や集積回路が高性能化、高集積化されるに伴い、発熱量は多くなり温度上昇のためにデバイスの特性が低下し、信頼度が悪くなる傾向がある。半導体基板結晶を薄くする目的は、この発熱を効果的に放熱し、半導体内部の温度上昇を防ぐことである。また、半導体素子や集積回路の高性能化のために、大量に使われるようになったSOIウエーハの製造にはSiO₂上のSi層を極めて薄く均一に高精度で、かつ無歪の加工仕上げをする技術が必要である。しかしながら、従来の研磨あるいは研削による方法では基板結晶に圧縮応力やせん断応力を加えながら加工するため結晶中に歪が残る。また、加工中には加工くず、研磨粒子、研削粒子あるいは結晶粒子などの異物が混入され、歩留り低下の要因になる。さらに、機械加工ではウエーハの加工面には、ある深さまで加工変質層が形成されていて、これを除去するために薬液を用いたウエットエッチングの後工程が追加され、工程が複雑でコストが高くなる欠点がある。また、上記、異物はチップの裏面に残って歩留り低下を誘発する。このように、機械加工でウエーハの厚さを薄くする工程は、ウエーハ全体を研磨液や接着材等で汚染するため、十分に確立された高度な洗浄技術が不可欠となり、コストが高くなる欠点がある。ウエットエッチングによって基板結晶を一様に薄くする方法にはウエーハ表面を保護することが特に重要で、また、エッチング速度が遅いので生産性が悪い欠点がある。また、従来の試料上の局部領域だけをプラズマ加工する方式は、加工仕上がり精度に関する最適化の検討がなされておらず、CF₄やSF₆ガスによる加工後

の表面が投光器による目視検査で白濁が観察されるほど表面荒さが劣化し、最終の仕上げには使えない問題がある。これはCまたはSに起因する堆積物が発生するためと思われる。また、プラズマ中のイオンが主に加工用に利用される構成のものは試料(結晶)の加工面に歪が生成される問題がある。このため、本発明は主にプラズマ発生ラジカル原子またはラジカル分子(以下、活性種という)をもちいたドライのエッチングによって基板結晶を高速エッチで均一に薄くする方法とその装置を提供し、基板結晶に加工歪みが残らない加工法により、全体の製造工程を簡略化し、極めて加工平坦度の優れた、極薄厚さの加工技術を提供し、放熱特性に優れた半導体素子あるいは集積回路の薄厚チップ、Siの薄層化SOIウエーハやSi表面の平坦化処理を、高歩留りで安価に供給することを目的としている。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明では、反応ガスを流して、高周波の交流電磁場によりプラズマ室でイオンやラジカルを発生させ、主にラジカルの活性種ガスにより気相化学反応によって半導体ウエーハの結晶をエッチングする方法を基本としている。本発明ではフッ素化合物ガスあるいはフッ素化合物ガスを含む混合ガスに、水素あるいはアンモニアガスの少なくとも1種類のガスを混合して、反応ガスとして用いることが特徴である。上記フッ素化合物ガスとしては、六フッ化硫黄(SF₆)、四フッ化炭素(CF₄)、および三フッ化窒素(NF₃)があり、本発明ではこれらの少なくとも1種類を用いることが特徴である。このフッ素化合物ガスはN₂、Ar、He等の不活性ガスで希釈されていてもよい。水素あるいはアンモニアガスの少なくとも1種類のガスを混合することによってエッチングの表面荒さがエッチング前の表面荒さよりも改善されることを実験によって見出した。この結果を表1に示す。

【0006】

【表1】

フッ素化合物 種類	添加ガス 種類	添加ガス 割合(%)	投光器による 目視検査	マイクロラフネス (nm)
SF ₆	なし	0	白濁	1.350
SF ₆	H ₂	0.01	鏡面	0.423
SF ₆	H ₂	20	鏡面	0.228
SF ₆	NH ₃	0.01	鏡面	0.501
SF ₆	NH ₃	20	鏡面	0.206

【0007】水素あるいはアンモニアの添加量がわずか

0.01%でも表面荒さの改善に関する添加効果が現わ

れている。これは水素あるいはアンモニアの分子がこの反応系で活性化され、 H_2S 等によるガス化、 HF 生成による Si 表面の清浄化、あるいは H_2O の形成による酸素によるウエーハ表面の酸化の防止等の効果により、鏡面仕上げになると推定される。水素あるいはアンモニアの添加量が増えると図5に示すようにエッチング速度が低下する傾向があり、加工の処理時間が長くなるので実用上の制限がある。このため、上記水素あるいはアンモニアガスの少なくとも1種類のガスの混合する割合はフッ素化合物ガスに対して20%以下の濃度であることが好ましく、アンモニアの方がより効果的であることがわかる。上記水素あるいはアンモニアガスは N_2 、 Ar 、 He 等の不活性ガスで希釈されていてもよい。

【0008】本発明では上記ガスプラズマ中で発生した上記の活性種を試料面にあててプラズマエッチングを行うことを基本としている。このために、試料全面に活性種ガスを均一に当てる方式であってもよいが、とくに高精度に試料表面の加工を行うためには、上記活性種ガスを試料面積より小さな開口径を持つエッチングノズルの先端から試料面にあて、試料を部分的にエッチングし、ノズルと試料を相対的に移動させながら、試料全面にわたって所望の加工を行う方式のほうが制御性が優れた結果が得られた。これは、局所のエッチング量を実時間で計測して移動速度にフィードバックをかけながらエッチングをすることができることと、また、特にマイクロ波励起によるプラズマ発生による活性種ガスはエッチング速度が安定であること、などの理由である。なお、プラズマ発生方法はマイクロ波励起に限定されるものではない。

【0009】本発明の中で、上記ガスの混合法と異なり、フッ素化合物ガスあるいはフッ素化合物ガスを含む混合ガスによりガスプラズマ中で発生した活性種を試料面にあて、水素あるいはアンモニアガスの少なくとも1種類のガスをそのまま、あるいは希釈して試料面近傍に供給してエッチングを行う方式がある。この場合、活性種ガスは試料の全面に当てても、エッチングノズルで局部的に当てても、どちらでもよい。水素あるいはアンモニアガスの効果は、前記混合ガスの場合と同様に表面荒さの改善に有効であった。本発明による加工方法は結晶表面に加工歪みを残さないで、この後、薬液によるウェットエッチング工程が不要となり、工程が簡略化できる特徴がある。

【0010】本発明の方法を用いたプラズマエッチング装置はガス供給部とプラズマ発生機構部と活性種ガス供給機構部と試料移動機構部を基本としており、以上述べたエッチング部の他に、効率よく処理を行うために、ウエーハ搬送機構や試料交換室を備えて装置が構成されている。また、排気ガスを処理する除外装置も具備されている。

【0011】

【発明の実施の形態】実施例1

図1と図4は本発明によるプラズマエッチングの方法とその装置の一実施例である。図4は装置全体の構成の概略図である。ガス供給装置14から反応ガス供給管3により SF_6 とアンモニアガスおよび窒素からなる混合ガスをプラズマ発生室に注入する。マイクロ波発振器1で発生したマイクロ波が導波管2を通りプラズマ発生室で吸収され、前記、混合ガスが活性化され、プラズマ活性領域6が形成される。活性種ガスは活性種ガス供給管13を通してエッチングノズル4で絞込まれて密度の高い局部ビームとなって半導体ウエーハ5の表面に供給されるためにこの構成ではエッチングレートは大幅に速くなる特徴がある。半導体ウエーハ5は、はじめ試料交換室11に挿入され、ここから搬送機構15によりエッチング室9の移動台8に固定セットされる。移動台8は試料移動機構7によって $X-Y$ 方向あるいは $X-\theta$ 方向に可動することができる。エッチングノズル4からでた活性種ガスによる局部ビームと移動台8の移動機構によって半導体ウエーハ5を全面にわたって均一な厚みにエッチングすることが可能になる。また、試料がエッチングされる周辺には吸引作用のある排気ヘッド16を配備し、浮遊するガスを排気19を経て効果的に排気する構成になっている。排気部はエッチング室9、排気ヘッド16、試料交換室11および搬送室10にそれぞれゲートバルブ18を介して配管され、各々が排気される。エッチング室9と排気ヘッド16から出た排気ガスはガス処理装置17を経て、除害して排気される。図1はエッチングノズルと試料周辺の詳細図である。エッチングノズル4は活性種ガス供給管13と結合部22によって高气密に固定され、また、エッチングノズル4の交換が容易に行える構成である。また、ガスを放出するエッチングノズル先端の開口部の断面形状は円形であってもよいが、高速にエッチングする目的には楕円や方形あるいは、帯状の形状の方が処理時間の短縮にとって効果があり、この構造は用途によって選定される。エッチングに用いる反応ガス101は水素またはアンモニア用のAライン、フッ素化合物用のBラインおよび不活性ガス用のCラインからなり、活性種ガス供給管13の入口で混合される。なお、AラインおよびBラインのガスは不活性ガスで希釈されていてもよい。 Si のエッチングは例えば SF_6 ガスに10%のアンモニアを添加した条件で、500Wのマイクロ波電力のとき、約 $60\mu m/min$ の高速エッチングレートが得られ、仕上がり表面の荒さは $0.305nm$ とエッチング前の値よりも良好な鏡面が得られた。

【0012】実施例2

本発明によるエッチングの方法およびその装置の他の実施例を図2で説明する。実施例1とガス供給部およびプラズマ発生部は同じであるが、活性種ガスが均一に広がるようなエッチングヘッド103により試料を一括にエ

ッチングする点が異なる。この場合は試料の移動機構に代わって試料台104があればよい。半導体ウエーハの直径が小さい試料の場合に有効な方式である。

【0013】実施例3

本発明によるエッチングの方法およびその装置の別の実施例を図3で説明する。実施例1とガス供給部を除いてプラズマ発生部や試料移動機構は同じである。反応ガス101のフッ素化合物用のBラインおよび不活性ガス用のCラインが活性種ガス供給管13の入口で混合され、水素またはアンモニア用のAラインが、噴き出しガスライン110の入口に単独で供給される。フッ素化合物を含む混合ガスで活性種ガスが作られ、エッチングノズル4から試料表面に供給される。一方、水素またはアンモニアガスは上記経路を通して水素系ガスノズル105から供給される。試料上のエッチング雰囲気ガス106には上記Aラインのガスが効果的に混合されるように水素系ガスノズル105の配置が決められている。水素またはアンモニアの添加効果は実施例1と同じである。

【0014】以上、実施例1から3までのプラズマ発生機構はマイクロ波励起の例で述べてあるが、これに代わってコイルによる誘電型あるいは平行平板等の容量型であってもよいことを付言する。

【0015】

【発明の効果】(1) フッ素化合物あるいはフッ素化合物を含む混合ガスに水素あるいはアンモニアを添加することにより、Siエッチングにおける仕上がり表面の荒さが小さくなり、均一でかつ高速のため仕上げエッチングの工程を短縮できるようになった。

(2) 本発明の方法を用いた装置により半導体ウエーハ精密薄層加工がドライプロセスでできるようになり、これによって半導体ウエーハの洗浄工程や張り付けて取り外しする工程が不要になり大幅な工程の短縮がはかれた。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1であるプラズマエッチング装置のエッチングノズルと試料周辺の詳細図。

【図2】本発明の実施例2であるプラズマエッチング装

置のエッチングノズルと試料周辺の詳細図。

【図3】本発明の実施例3であるプラズマエッチング装置のエッチングノズルと試料周辺の詳細図。

【図4】本発明の実施例1であるプラズマエッチング装置の全体構成の概略図。

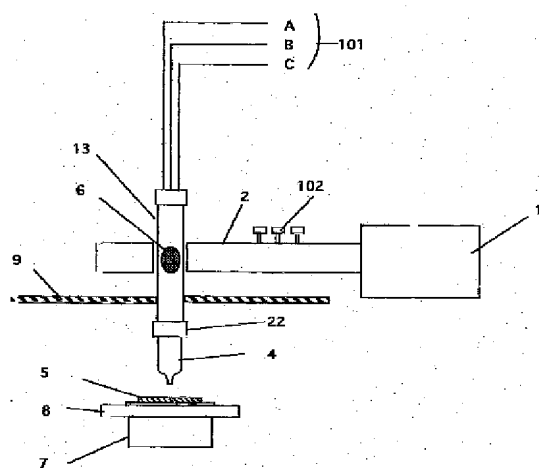
【図5】本発明の水素あるいはアンモニア添加量に対するエッチングレートのグラフ。

【表1】本発明の水素あるいはアンモニア添加してエッチングしたSi表面の加工荒さの関係。

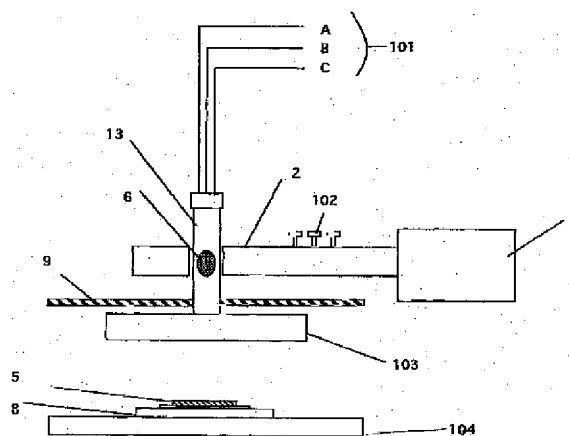
【符号の説明】

- 1…マイクロ波発振器
- 2…導波管
- 3…反応ガス供給管
- 4…エッチングノズル
- 5…半導体ウエーハ
- 6…プラズマ発生領域
- 7…試料移動機構
- 8…移動台
- 9…エッチング室
- 10…搬送室
- 11…試料交換室
- 12、22…結合部
- 13…活性種ガス供給管
- 14…ガス供給装置
- 15…搬送機構
- 16…排気ヘッド
- 17…排気装置及びガス処理装置
- 18…ゲートバルブ
- 19…ガス排気管
- 20…制御装置
- 101…反応ガス
- 102…マイクロ波整合器
- 103…エッチングヘッド
- 104…試料台
- 105…水素系ガスノズル
- 106…エッチング雰囲気ガス
- 110…噴き出しガスライン

【図1】

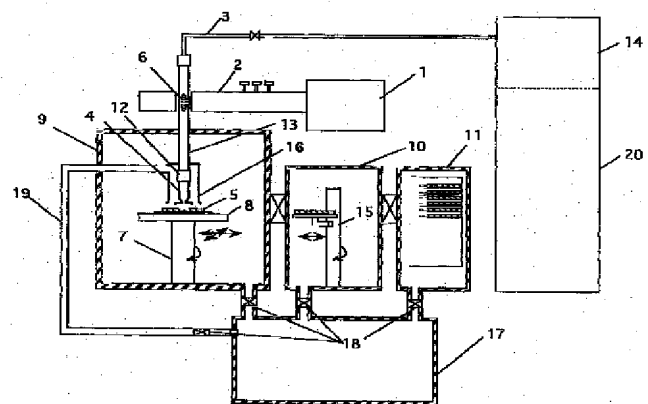
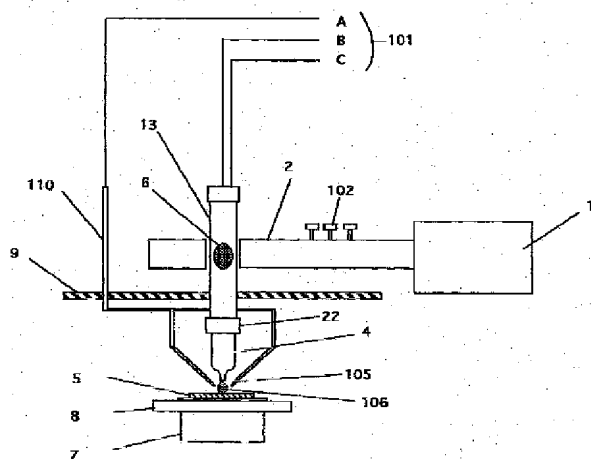


【図2】



【図4】

【図3】



【図5】

